

# СТАБИЛИЗАТОРЫ СО СВЕРХНИЗКИМ ПАДЕНИЕМ НАПРЯЖЕНИЯ

## МИКРОСХЕМЫ ЗАО "ПКК МИЛАНДР" 1309EP1T И 1309ENXX

Д. Колесников, А. Однолько, Е. Сухотерин, К. Фролов frolov.k@ic-design.ru

Интегральный стабилизатор – один из основных элементов электронного устройства, от которого зависит качество питания. Как альтернативу стабилизаторам зарубежного производства, ЗАО "ПКК Миландр" предлагает микросхемы 1309EP1T и 1309ENX.XT со сверхнизким падением напряжения на регулирующем элементе. Эти микросхемы могут применяться в самых разнообразных устройствах, таких как сетевые платы, системы беспроводной связи, декодеры кабельного телевидения, медицинское и промышленное оборудование, ноутбуки и т.д.

**М**икросхема 1309EP1T (рис.1а) – это регулятор напряжения для устройств с низким напряжением питания, требующих малого падения напряжения на регулирующем элементе. Максимальный выходной ток микросхемы – 2 А,

минимальное входное напряжение – 2 В. Величина выходного напряжения задается программно, начиная с 1 В.

Микросхемы 1309EN1.2T, 1309EN1.8T, 1309EN2.5T, 1309EN3.3T (рис.1б) – стабилизаторы напряжения положительной полярности с фиксированным

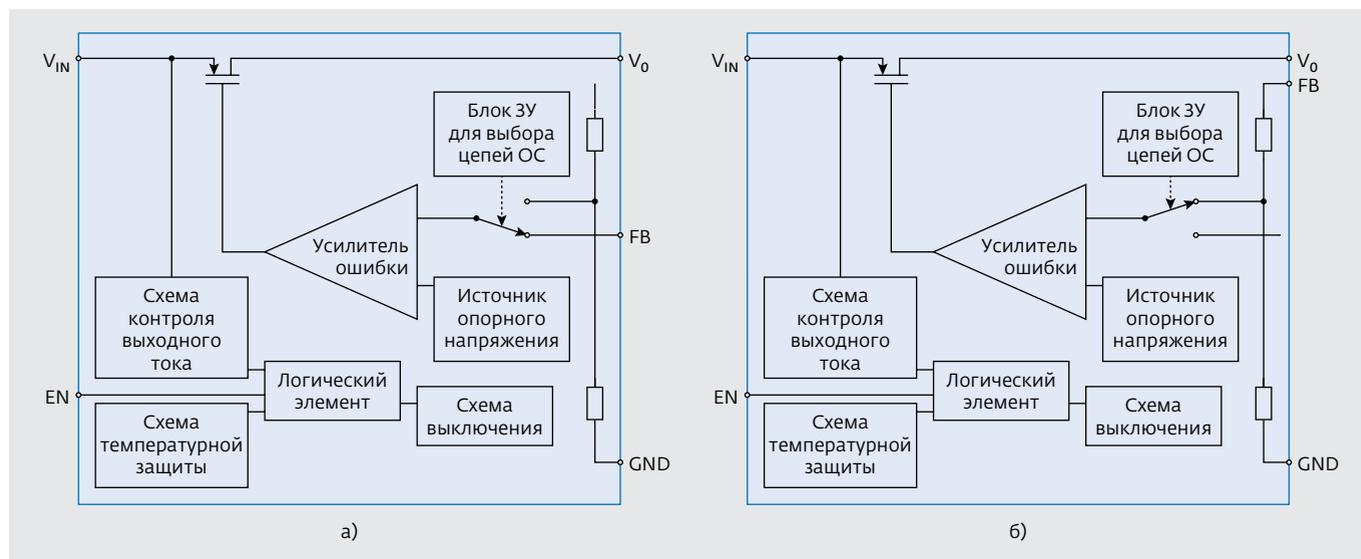
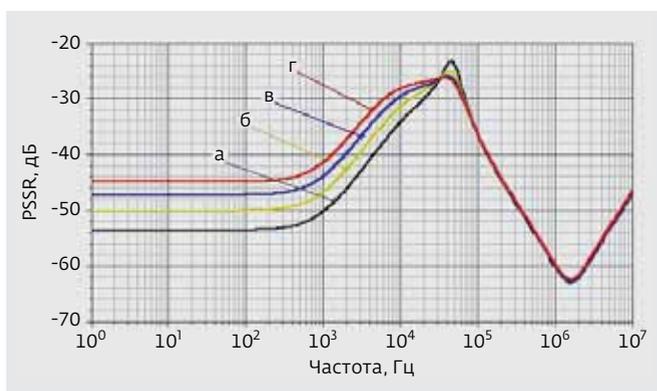


Рис.1. Структурные схемы 1309EP1T (а) и 1309ENX.XT (б)



**Рис.2.** Частотная характеристика PSRR микросхем 1309EP1T, 1309EH.XT для выходного напряжения 3,3 (а); 2,5 (б); 1,8 (в) и 1,2 В (г)

выходным напряжением 1,2, 1,8, 2,5 и 3,3 В соответственно цифрам в маркировке. Нижняя граница выходного напряжения зависит от входного, верхняя – 5,5 В.

Особенность этих микросхем – ультранизкое (800 мВ при токе 2 А) падение напряжения (Dropout Voltage) на регулируемом элементе. Это позволяет применять их в устройствах, где

требуется напряжение питания, очень близкое к входному.

С помощью специального входа разрешения можно отключать преобразователь, уменьшая тем самым потребление тока до 50 мкА. Микросхемы устойчивы к изменениям входного напряжения, выходного тока и температуры в рабочем диапазоне –60...85°C. Наличие цепей защиты от короткого замыкания и перегрева позволяет отнести семейство интегральных стабилизаторов к современным интеллектуальным микросхемам, исполненным по КМОП-технологии с проектными нормами 0,6 мкм.

Сравнивая описываемые стабилизаторы с аналогичной продукцией зарубежных производителей (см. таблицу), можно сделать вывод, что применение этих микросхем вполне может снизить зависимость отечественных производителей от поставок из других стран. Отечественных же разработок подобного типа крайне мало. Наиболее близкие аналоги – К1156EP2П, К1156EH5ВП/ДП/ДУ – исполнены по 2-мкм биполярной технологии. Реализация микросхем 1309EP1T, 1309EH.XT в субмикронном КМОП-базисе обеспечила выигрыш по ряду параметров – потреблению,

Характеристики микросхем 1309EP1T, 1309EH.XT и микросхем конкурентов

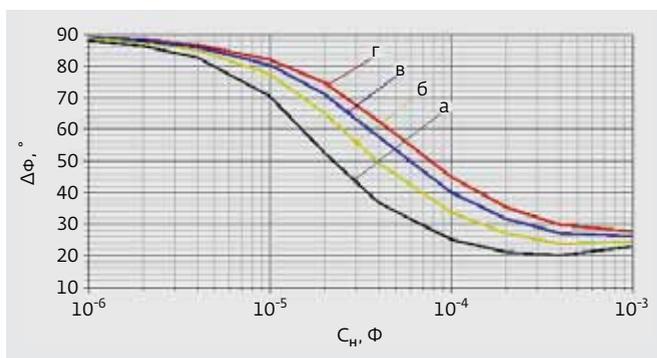
Фирма-изготовитель	Обозначение микросхемы	Минимальное входное напряжение, В	Выходной ток, А	Выходное напряжение, В	Падение напряжения, В (при токе, А)
ЗАО "ПКК Миландр"	1309EP1T	1,8	2	0,5–4,5	0,8 (2)
	1309EH.XT				
Semtech	SC4215A	1,4	3	0,5–3,3	0,5 (2)
Linear Technology	LTC3026(-1)	1,14	1,5	0,4–2,6	0,1 (1,5)
	LTC3025-1	0,9	0,5	0,4–3,6	0,5 (0,5)
Maxim Integrated	MAX15102/4	1,7	2	0,6–5,2	0,15 (2)
	MAX15101	1,7	1	0,6–5,2	0,1 (1)
	MAX15103	1,7	3	0,6–5,2	0,2 (3)
	MAX1793	2,5	1	1,25–5	0,21 (1)
	MAX8869	2,7	1	0,8–5	0,2 (1)

минимальному падению напряжения на выходном элементе, площади кристалла и т.д.

### ШУМЫ И УСТОЙЧИВОСТЬ

Степень подавления шумовой составляющей входного напряжения стабилизатора характеризуется коэффициентом подавления пульсаций питающего напряжения (PSRR, рис.2). Для современных интегральных стабилизаторов типично значение PSSR –20 дБ в килогерцовом диапазоне.

Крайне важно обеспечить устойчивость работы стабилизаторов. В качестве критерия устойчивости обычно принимают запас по фазе  $\Delta\varphi$ ,



**Рис.3.** Зависимость запаса по фазе от емкости нагрузки при токе нагрузки 10мА для выходного напряжения 3,3 (а); 2,5 (б); 1,8 (в) и 1,2 В (г) для микросхем 1309EP1T, 1309EH.XT

характеризующий отклонение ФЧХ от углового баланса фаз на частоте единичного усиления ДУ. В интегральном стабилизаторе запас по фазе непосредственно зависит от емкости нагрузки. При емкости нагрузки 10–50 мкФ стабилизатор напряжения имеет достаточный запас по фазе и, следовательно, устойчив при работе (рис.3).

Для того чтобы нагрузка стабилизатора могла изменяться в широких пределах, в выходном каскаде стабилизатора предусмотрена схема защиты, ограничивающая отдаваемый в нагрузку ток. При этом максимальный ток (ток короткого замыкания) не зависит от величины рабочего напряжения, хотя его зависимость от сопротивления нагрузки изменяется для различных рабочих напряжений (рис.4).

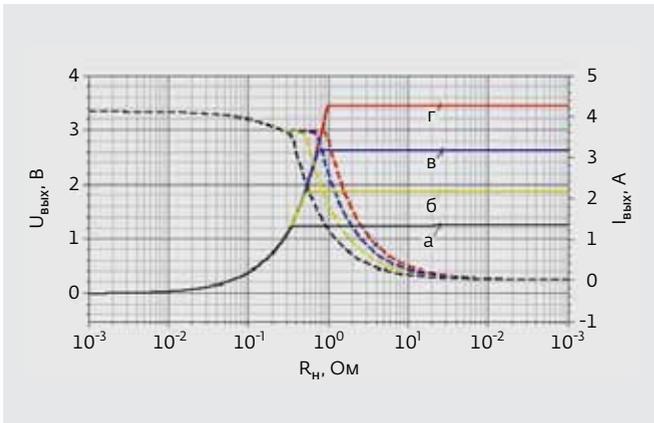
### ИСТОЧНИК ОПОРНОГО НАПЯЖЕНИЯ

Выходное напряжение стабилизатора определяется по формуле:

$$U_{\text{OUT}} = U_{\text{REF}} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2},$$

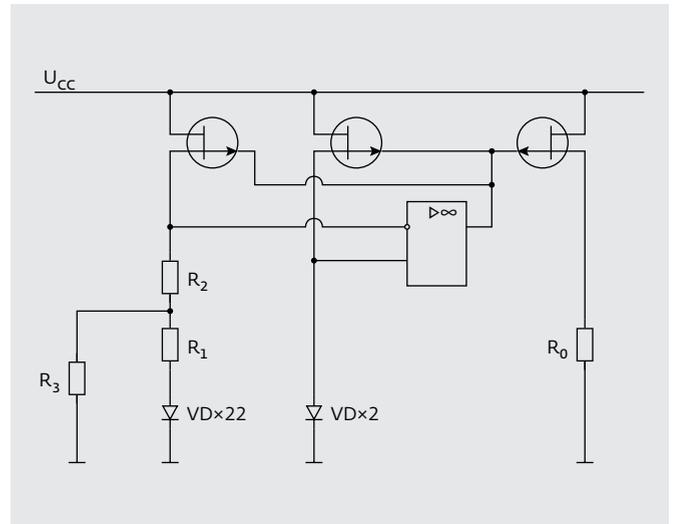
где  $U_{\text{REF}}$  – опорное напряжение;  $R_1$  и  $R_2$  – сопротивления резисторов делителя в структурной схеме (см. рис.1). В зависимости от типа стабилизатора может применяться как внутренний делитель напряжения, так и внешний.

Напряжение  $U_{\text{REF}}$  создается источником опорного напряжения, основная роль



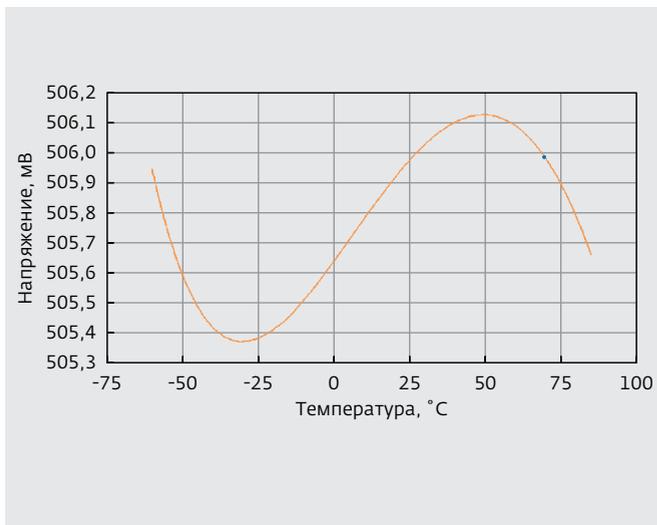
**Рис.4.** Зависимость выходного тока (пунктирная линия) и выходного напряжения (сплошная линия) от сопротивления нагрузки при рабочих напряжениях 3,3 (а); 2,5 (б); 1,8 (в) и 1,2 В (г) для микросхем 1309ЕР1Т, 1309ЕНХ.ХТ

которого - обеспечить независимость  $U_{REF}$  от колебаний напряжения питания и температуры. Для выполнения этого условия источник опорного напряжения был построен по схеме с токовым режимом (рис.5).



**Рис.5.** Источник опорного напряжения с токовым режимом

Это означает, что именно ток, протекающий через резистор  $R_0$ , независим от температуры и напряжения питания. Малая зависимость этого тока от температуры обеспечивается равенством напряжений на входах операционного



**Рис. 6.** Температурная зависимость опорного напряжения

усилителя и определенным соотношением  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$ . Соотношение количества диодов 22:2 выбрано для снижения влияния статистического разброса размеров элементов при их изготовлении. Это соотношение также влияет на характер зависимости выходного тока от температуры, но в меньшей степени, нежели соотношение номиналов резисторов. В итоге описанная схема позволяет получить температурную зависимость опорного напряжения, показанную на рис. 6. Вычисленный по графику температурный разброс опорного напряжения составляет:

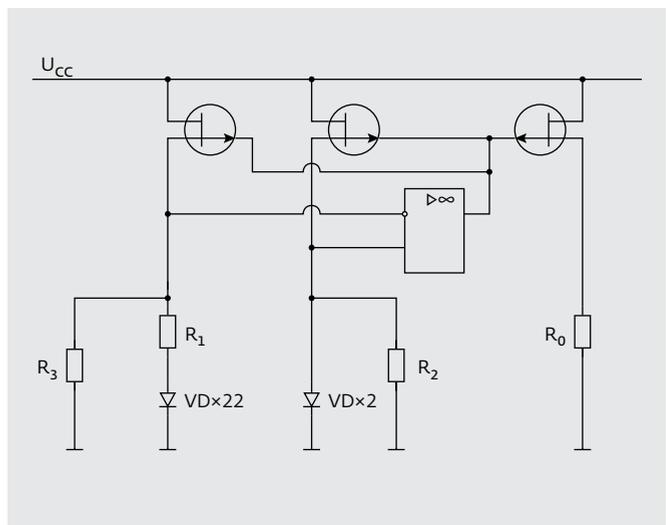
$$\Delta_{REF} = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{cp}} = 0,16\%$$

Схема источника с двумя боковыми резисторами (рис. 7) характеризуется большей стабильностью опорного напряжения не только по температуре, но и по разбросу технологических параметров и т.д. Однако эта схема более подвержена сбою запуска при включении питания, поэтому в описываемых стабилизаторах применена схема источника опорного напряжения, о которой было рассказано выше.

### ВЫБОР ВНЕШНИХ КОНДЕНСАТОРОВ

Для устойчивой работы стабилизатора необходимо правильно выбрать входной и выходной конденсаторы.

Для предотвращения падения входного напряжения ниже 2 В конденсатор на входе



**Рис. 7.** Источник опорного напряжения с двумя боковыми резисторами

микросхемы должен иметь емкость порядка 100 мкФ. Как можно ближе ко входу  $V_{IN}$  рекомендуется поместить дополнительный керамический конденсатор емкостью не менее 4,7 мкФ, это позволит установить микросхему на некотором расстоянии от сглаживающего конденсатора большой емкости. При этом также уменьшаются флуктуации входного напряжения при изменении выходного напряжения. При необходимости может быть добавлен еще один дополнительный конденсатор.

На выходе стабилизатора кроме развязывающего керамического конденсатора емкостью 0,1 мкФ рекомендуется установить сглаживающий конденсатор емкостью не менее 10 мкФ. Увеличение суммарной емкости в целом улучшает переходный процесс. Использование нескольких соединенных параллельно керамических конденсаторов с меньшей емкостью не уменьшает стабильность. Несмотря на то что микросхема 1309EPIT предусматривает использование керамических выходных конденсаторов, запас устойчивости устройства к увеличению эффективного последовательного сопротивления выходного конденсатора позволяет применять также и танталовые конденсаторы.

В условиях сильных электрических помех, между выводами  $V_{IN}$  и GND, а также  $V_O$  и GND следует подключить керамические конденсаторы емкостью 0,1 мкФ. Конденсаторы должны располагаться как можно ближе к выводам микросхемы. ●

